

## Process and device for focusing a coherent light-beam.

**Publication number:** EP0091400 (A1)

**Publication date:** 1983-10-12

**Inventor(s):** KUNZ RINO ERNST DR [DE]; TUOR MARCEL FRANZ [CH] +

**Applicant(s):** GRETAG AG [CH] +

**Classification:**

- international: **B23K26/04; B23K26/04;** (IPC1-7): B23K26/04

- European: B23K26/04; B23K26/04C

**Application number:** EP19830810122 19830324

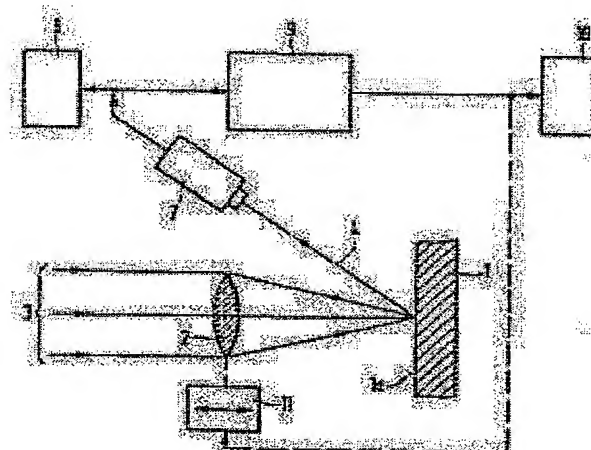
**Priority number(s):** CH19820002045 19820402; CH19820002122 19820406

**Cited documents:**

US3614456 (A)  
DE1915459 (A1)

### Abstract of EP 0091400 (A1)

In focusing the laser beam (3), use is made of so-called "speckling", which is observed as a more or less coarse-grained spatial distribution of intensity of the light (4) backscattered from the illuminated spot. The scattered light (4) is observed for this purpose visually or, preferably, by photoelectric means (7, 8, 9), and the focusing is varied until the granulation of the scattered light is coarsest and in this way the best focusing condition is found. Focusing can be done by hand or automatically in a closed control circuit. The method is simple, requires no extraneous light, and is insensitive and non-critical with regard to adjustment.



**Fig. 3**

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—181492

⑭ Int. Cl.<sup>3</sup>  
B 23 K 26/04

識別記号

庁内整理番号  
7362—4E

⑬ 公開 昭和58年(1983)10月24日

発明の数 2  
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ 干渉性のある光ビームの焦点合せの方法および装置

⑮ 特 願 昭58—54090

⑯ 出 願 昭58(1983)3月31日

優先権主張 ⑰ 1982年4月2日 ⑱ スイス(C  
H) ⑲ 2045/82 - 7

⑳ 1982年4月6日 ㉑ スイス(C  
H) ㉒ 2122/82 - 0

㉓ 発 明 者 リノ・エルンスト・クンツ  
スイス連邦国8162シユタインマ

ウアー・イム・シプラー18  
㉔ 発 明 者 マーケル・フランツ・トゥール  
スイス連邦国8153リムラング・  
オーバードルフシュトラッセ17  
㉕ 出 願 人 グレターク・アクチエンゲゼル  
シャフト  
スイス連邦国8105レーゲンスド  
ルフ・アルタードシュトラッセ  
70

㉖ 代 理 人 弁理士 若林忠

明 細 書

1. 発明の名称

干渉性のある光ビームの焦点合せの方法および装置

2. 特許請求の範囲

- (1) 対象物の表面に干渉性のある光ビームを焦点合せする方法に於て、該干渉性のある光ビームを該対象物の表面に照射し、該対象物の表面から後方散乱された光でスペックリングを観察し、そして該観察されたスペックリングにおける斑点分布の粗さを基にして該干渉性のある光ビームの焦点を調整することを特徴とする干渉性のある光ビームの焦点合せの方法。
- (2) 該斑点分布の粗さが最大になるように該焦点が調整されることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の方法。
- (3) 該焦点位置は該斑点分布の粗さの変化に従つて調整されて決定されることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の方法。
- (4) 該後方散乱された光は該光ビームのための光

学的焦点合せ装置から横に離れた位置において観察されることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の方法。

- (5) 該後方散乱された光は該光ビームのための光学的焦点合せ装置を介して観察されることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の方法。
- (6) 該後方散乱された光は受光器によつて走査され、対応する電気信号に変換され、そしてこの該電気信号に応じて自動的に該光ビームの焦点が調整されることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の方法。
- (7) 該干渉性のある光ビームは該対象物の表面に加工操作するように用いられ、そしてその強度は焦点合せの間加工が行なわれないように低減されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の方法。
- (8) 干渉性のある光ビームを照射された対象物の表面から後方散乱された光を受ける受光器と、該受光器によつて受光される後方散乱された光

の斑点分布の粗さを決定する手段と、決定された粗さに従つて該光<sup>の</sup>焦点を調整可能にならしめる手段からなることを特徴とする対象物の表面に干渉性のある光ビームを焦点合せするための装置。

- (9) 該可能ならしめる手段は決定された粗さを表示する表示器を含んでいることを特徴とする特許請求の範囲第8項に記載の装置。
- (10) 該可能ならしめる手段は最大粗さにするようにビーム焦点合せ光学系を調整して決定された最大粗さに応答する焦点制御系を含んでいることを特徴とする特許請求の範囲第8項に記載の装置。
- (11) 該受光器が単一のフォトダイオードであることを特徴とする特許請求の範囲第8項に記載の装置。
- (12) 該受光器が複数のフォトダイオードが1列に並んだものであることを特徴とする特許請求の範囲第8項に記載の装置。
- (13) 該受光器が多数のフォトダイオードを2次元

的に配列したものであることを特徴とする特許請求の範囲第8項に記載の装置。

- (14) 該受光器がビデオカメラを含んでいることを特徴とする特許請求の範囲第13項に記載の装置。

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は、別項の特許請求の範囲に示す基本概念に従う、1つの対象物の表面に干渉性のある光ビーム(レーザービーム)を焦点合せする方法とその装置に関する。

エネルギー密度の高い干渉性のある光ビームすなわちレーザービームをもつて加工を行う光学的加工装置においては、加工用の光ビームは、できるだけ小さいスポットに光エネルギーを集中するために、被工作物の表面に正確に焦点合せすることが重要である。

レーザービームを焦点合せする問題については従来種々の方面から知られている。たとえば独国特許 DE-A-30 21 622, DE-A-30 36 343, DE-A-24 53 364, DE-A-20 34 341, DE-A-30 44

416, DE-A-26 52 814, 米国特許 USP-36 89 159, USP-38 93 129, USP-42 42 152;そして F. M. Mottier, SPIE 220, 95-100(1980)に見られるとおりである。これら刊行物に開示されたすべての方法はしかしながらそれぞれに欠点があり、それらを実用に供し加工機械に応用するについては限界があり、また制約が伴うのが実情である。

真に実用に供しうる焦点合せの方法の最も重要な要求は、

- 簡単な構成であること、
- 外乱を与えるような光の源がないこと、
- 平面状表面にでも非平面状表面にも操作可能であること、
- 照射スポットの直径を實際上最小にできると(被加工物の位置を適正に調整するだけではなく)
- 測定装置構成部分やレーザービームの特性値の小さな変化に影響されないこと、
- 調整がきわどいものでないこと、および

g) 焦点合せの調整を被加工物に加工を与えることなく行えること、である。

本発明の目的は上述せる要求のすべてを満足する、レーザービームを焦点合せする方法および装置を提供することである。

本発明によると、レーザービームの強度は、焦点合せの間、焦点合せさせられる対象物がビームによつて同時に加工されないように低減されている。換言すれば、ビームはまず焦点合せさせられそして次にそのエネルギーが形状の加工操作を行なえる所迄高められる。ビームを焦点合せするために、対象物の表面から後方散乱ないしは反射された光のスペクトリング(斑点分布)が観察される。ビームの焦点はこの斑点分布の粗さを基にして調整される。本発明の色々な実施例によれば、調整は観察される最大の粗さもしくは粗さにおける変化に基づかれる。

後方散乱された光の観察は光学的焦点合せ装置を介して行なわれるかまたは光学的焦点合せ装置

とは横に離れて行なわれる。

その方法を実現する装置は反射された光を受光する受光器と反射された光における斑点分布の粗さに関係する電氣的出力信号を発生するための評価回路を含む。出力信号によつて焦点を調整するための自動制御装置が利用されうる。受光器は単一のフォトダイオード、一線状に配置されたフォトダイオードまたはフォトダイオードの2次元配列のようなマトリックスまたはそのような類似のものである。

本発明による方法とそれに応ずる装置については別項の特許請求の範囲に示している。有利な実施例およびその変形・応用についてはその従属各項に示している。

本発明はそれ故いわゆるスペックルズ(speckles)として言及されている物理的現象に基くもので、この現象に関する詳細な説明はたとえば次の文献にある。

R. K. Erf : "Speckle Metrology" (スペックルの計量技術) ... Academic

press (1978)

J. C. Dainty : "Laser Speckle and Related Phenomena" (レーザースペックルと関連現象) ... Springer Press (1975)

K. A. Stetson : "A Review of Speckle Photography and Interferometry" (スペックル写真と干渉計の展望) ... Opt. Eng. 14, 482(1975)

J. C. Dainty : "The Statistics of Speckle Patterns" (スペックルパターンの統計的処理) ... Progress in Optics, Vol. 14, pp 3-46 (1976)

従来までに知られた"スペックル"現象の主な応用は試験対象物の表面の特性の判定や変形、変位の計測を目的とするものであつた。レーザービームの焦点合せに関連しての「スペックル」法については未だ発表されたものがない。

以下本発明の好ましい実施例について図面を用

いてより詳しく説明する。

第1図に示す本発明による光学系の最も簡単な構成においては、加工すべき対象物すなわち被加工物1の表面1aは光学的焦点合せ装置2によつて干渉性のある光ビーム、いわゆるレーザービーム3を照射され、対象物表面1aから後方散乱された光4が光学的焦点合せ装置2から横方向にずらされて配置されているスクリーン5上に捕捉される。

第2図に示す実施例ではレーザービーム3は半透明のミラー6および光学的焦点合せ装置2によつて対象物1の表面1aに到達し、後方散乱された光4は同じ経路を戻つてからミラー6を通りそしてスクリーン5に至る。

スクリーン5の上で観察される、対象物1上の照射スポットによつて後方散乱された光4の強度分布は明るいスポット、暗いスポットが統計的に分布した1種の斑点分布を示す。この斑点分布は一般に英語でスペックル(speckle)とかスペックリング(speckling)と言われるものであるが、実

際上、常にある光学的粗さを有する対象物1の表面1aによつて決定される。この粗さは、光学的なノイズを生じよう、照射光の波の位相を統計的にそして空間的に変調する。斑点分布における個々の明るいスポット、暗いスポットの大きさ、すなわち斑点の粗さあるいは粗かさは対象物表面の照射スポットの寸法に関係し、照射された表面の面積を小さくするにつれて大きく(粗い斑点になる)。

本発明は焦点合せの表示器としてスペックル構造を使用することによるこの現象を利用したものである。照射スポットの小ささは焦点合せと直接に関係する(理想的焦点合せは最小の照射スポットの直径に対応する)故に、本発明においてはスクリーン5上で斑点分布もしくはスペックルを観察しつつ、その斑点分布が最も粗くなるまでビームの焦点が調整される。当然のことながら、この調整中、レーザービーム3の強度ないし出力は、光ビーム3によつて被加工物表面1aにおいて望まぬ加工が行われないよう、しかるべく低減させ

られている。

可視光線が用いられる時、スクリーン5上でスペックルを直接に目視できるのでよいが、光電変換装置によつて、観察し、あわせてその際発生される電気信号の連続的評価を行うことがより一般的で、有利である。第3図はそれを行うに適した装置の模式的説明図である。

第3図に於て、レーザービーム3は前の例と同様光学的焦点合せ装置2によつて被加工物1の表面1aに照射され、そこから後方散乱される。後方散乱された光4はテレビジョンカメラ7で受光されるが、そのテレビジョンカメラ7はテレビジョンモニター8および評価装置9に接続されている。テレビジョンカメラ7は市販の型式のものであるがその対物レンズを取外し、後方散乱光が直接テレビ撮像管に当るようにしてある。対物レンズを全くなくする代りに、それは対物レンズを単に極度に焦点ズレした場合においては有利であろう。

テレビジョンカメラ7は照射をうけたスポット

理想的には、焦点合せのレンズ2のセットは評価装置9からの出力信号に応答する適当で便宜的な焦点合せ制御システム11によつて行なわれる。たとえば、焦点合せ制御システム11は、評価装置9からもつとも低い出力信号をうるように焦点合せレンズを配置調整する特徴のない型のものである。

上述のような方法でビデオ信号を評価するについては、先づテレビジョンカメラ7の出力信号から適当な方法で同期パルスが取除かれ、次に信号のビデオ部分の振幅がたとえば、シュミットトリガーにより基準レベルと比較される。この基準レベルは1つあるいはそれ以上の画面走査線における信号の平均値から得られ、連続的に更新される。シュミットトリガーでその際作られる矩形波信号はたとえば積分されて公称周波数を表わす対応する電圧に変換され、その最小値の電圧は焦点合せの最良状態に一致する。換言すると、一走査線当りの移行の数が減少し、粗さが増していることを表わしている時、評価装置9からの出力信号の電

によつて発生されたスペックル模様を線状に走査し対応するビデオ信号を生成するが、これにはまた通常の同期パルスを含んでいる。テレビジョンカメラ7で捕えられたスペックル像は、光学的観察のためにテレビジョンモニター8において表示される。

評価装置9はテレビジョンカメラ7によつて発生されるビデオ信号によつて表されるように被工作物表面1aの粗さを分析して対応する出力信号を発生するが、その信号は表示器10において適当な方法により表示される。

表示器10は、光学的性質のものとか、その音響出力が出力信号に関係する音響表示器である。

スペックル像の粗さの尺度としてはたとえば像の走査線当りの明-暗移行の数がとり上げられる。それ故、レーザービーム3を焦点合せするためにその移行の数をはかり、これを最小数にするように光学的焦点合せ装置2(あるいは被加工物1)を移動させるだけでよい。

圧レベルはまた減少するだろう。上述の評価における精度と外乱に耐える確実性は、シュミットトリガーに達する前に適当な伝送技術(たとえばバンドパスもしくは微分回路)によつて信号を再成形することによつて高められる。

上記においては光電方式のスペックルの観察および評価の簡単な技術法の1つだけが説明されたが、スペックル像の解析はその他多くの方法で行いうことは明らかである。テレビジョン用撮像管あるいは一般的に2次元の平面的受光器配列よりむしろたとえば一直線状のフォトダイオード列、もしくは極端な場合においてただ1つのフォトダイオードによつて単一の線像に沿つてスペックル像を走査することはすでに可能である。

要するに、焦点合せの状態によつて変化する後方散乱された光の空間的強度の変調が何等かの方法で数量化され場合によつてはそれが表示されればよい。他の変形例においてさらに、スペックル模様が最も粗くなるまで焦点を変え続けるよりむしろいくつかの焦点配置でスペックル模様の粗さ

の変化を観察したり、たとえば測定した領域にわたる平均値を計算することによつて最適の焦点セット位置から決定することは可能である。焦点はその時手動的もしくは自動的にセットされうる。

より便利なそして何よりもより正確なスペクトルの観察ということを別にすれば、光電方式のスペクトルの評価はレーザービームの波長がスペクトルの可視域にあることを要しないという点で目視観察に比しての他の利点を有する。さらに評価装置9は焦点制御装置11と接続して、全自動の焦点合せ用のための閉じた制御ループを形成せしめうることも付記されるべきである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図は本発明による焦点合せのための光学装置の概略構成の2つの例の各々の基本的な図、第3図は本発明による装置の1実施例のブロック図である。

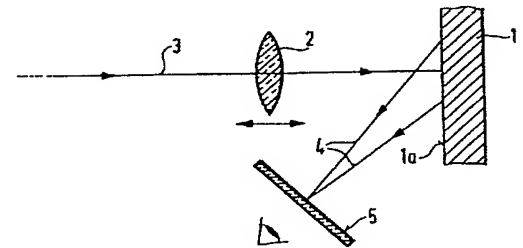
- 1：対象物
- 1a：（対象物）表面
- 2：光学的焦点合せ装置

- 3：レーザービーム
- 4：後方散乱光
- 5：スクリーン
- 6：（半透明）ミラー
- 7：テレビジョンカメラ（光検知器）
- 8：テレビジョンモニター
- 9：（電子式）評価装置
- 10：表示器
- 11：焦点制御装置

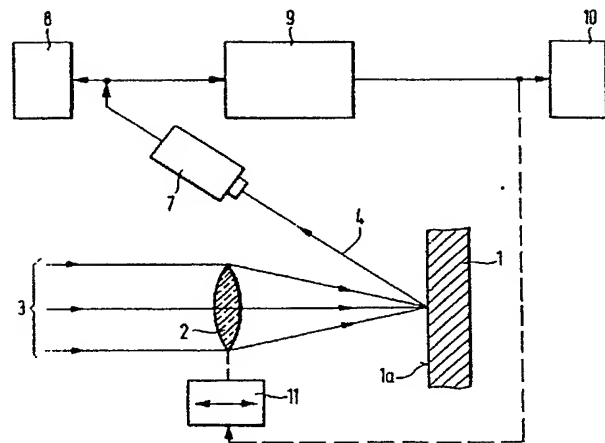
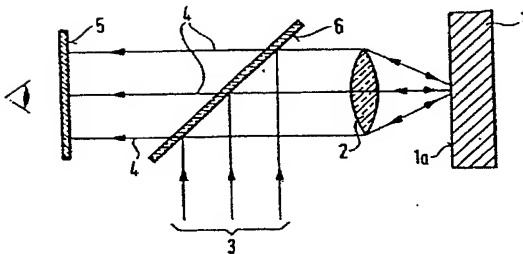
特許出願人 ク\*レターフ アクティヴ\*セ\*ル\*ソフト

代理人 若 林 忠

**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**